ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ







Научная статья
УДК 630.43: 634.0.43
https://doi.org/10.23947/2541-9129-2022-4-22-29

Сравнительный анализ экологических рисков природных пожаров на территории Байкальского региона

С. С. Тимофеева ✉, **В. В. Гармышев**, **А. Ю. Астраханцева**
Иркутский национальный исследовательский технический университет (г. Иркутск, Российская Федерация)
✉ sstimofeeva@mail.ru

Аннотация
Введение. Статья посвящена проблемам экологических последствий лесных пожаров на особо охраняемых природных территориях. Предлагается оценка загрязнения атмосферного воздуха в период лесных пожаров и их влияние на здоровье населения расчетным методом по удельным выбросам и коэффициентам опасности. Целью работы являлось выполнение сравнительного анализа экологических рисков для населения трех субъектов Российской Федерации, входящих в Байкальский регион, и ранжирование территорий по уровню загрязнения атмосферного воздуха в период лесных пожаров.
Материалы и методы. Исходными данными служила статистическая информация о лесных пожарах в Иркутской области, республике Бурятии, Забайкальском крае в период с 2013 по 2020 годы, процессуальные документы лесных пожаров, включающие схемы и виды пожаров, площади и координаты пожаров, протоколы осмотра места пожара, акты служебного расследования и другие материалы.
Результаты исследования. В работе проанализированы лесные пожары на особо охраняемой природной территории Байкальского региона и их экологические последствия. Сделан акцент на установление среднемноголетних характеристик лесных пожаров (число, площади, экономический ущерб, удельные выбросы продуктов горения в атмосферу, риски для здоровья населения). Доказано, что залповые выбросы от лесных пожаров привносят дополнительное загрязнение атмосферы. Оно составляет до 20 % от стационарных источников выбросов. Наибольший вклад в загрязнение атмосферы Байкальского региона вносят республика Бурятия и Иркутская область.
Обсуждение и заключения. Предлагаемая авторами методология ранжирования территорий по экологическим рискам может быть использована для прогнозной оценки последствий пожаров для здоровья населения. Результаты прогноза служат для поддержки организационных и административных мер, включая решения о привлечении дополнительных сил и техники, об эвакуации населения. По результатам прогноза последствий пожаров для здоровья населения проводится разработка плана тушения пожара, в котором определяют способы и тактические приемы ликвидации пожара, распределение сил и средств, решающее направление действий и т.д. По наибольшему вкладу в ухудшение условий жизнедеятельности и риску получить отравление продуктами горения исследуемые территории ранжируются в следующем порядке: Иркутская область – республика Бурятия – Забайкальский край.

Ключевые слова: лесные пожары, экологический риск, загрязнение, прогнозирование, Байкальская природная территория, ранжирование.

Для цитирования. Тимофеева, С. С. Сравнительный анализ экологических рисков природных пожаров на территории Байкальского региона / С. С. Тимофеева, В. В. Гармышев, А. Ю. Астраханцева // Безопасность техногенных и природных систем. — 2022. — № 4. — С. 22–29. https://doi.org/10.23947/2541-9129-2022-4-22-29

Original article

Comparative Analysis of Environmental Risks of Wildfires in the Baikal Region

Svetlana S. Timofeeva ✉, **Vladimir V. Garmyshev**, **Aleksandra Yu. Astrakhantseva**
Irkutsk National Research Technical University (Irkutsk, Russian Federation)
✉ sstimofeeva@mail.ru

Abstract
Introduction. The article is devoted to the problems of ecological consequences of forest fires in protected areas. It is proposed to assess atmospheric air pollution during forest fires and their impact on public health by the calculated method of specific emissions and hazard coefficients. The aim of the work is to perform a comparative analysis of environmental risks for the populations of three subjects of the Russian Federation in the Baikal region, and ranking of territories by the level of atmospheric air pollution during forest fires.
Materials and Methods. The initial data were statistical information on forest fires in the Irkutsk region, the Republic of Buryatia, the Trans-Baikal Territory in the period from 2013 to 2020, procedural documents of forest fires, including schemes and types of fires, areas and coordinates of fires, protocols of inspection of the fire site, acts of official investigation and other materials.
Results. The paper analyzes forest fires in the protected Baikal natural area of the Baikal region and their environmental consequences. The emphasis is placed on establishing the average annual characteristics of forest fires (number, area, economic damage, specific emissions of combustion product into the atmosphere, risks to public health). It is proved that bulk emissions from forest fires bring additional atmospheric pollution; it is 20 % of stationary sources of emissions. The Republic of Buryatia and the Irkutsk region contribute the most to the pollution of the atmosphere of the Baikal region.
Discussion and Conclusion. The methodology proposed by the authors for ranking territories by environmental risks can be used for predictive assessment of the consequences of fires for public health. The forecast results serve to support organizational and administrative measures, including decisions to attract additional forces and equipment, and to evacuate the population. According to the results of the forecast of the consequences of fires for the health of the population, a fire-fighting plan is being developed, which determines the methods and tactics of fire extinguishing, the distribution of forces and means, the decisive direction of actions, etc. According to the greatest contribution to the deterioration of living conditions and the risk of poisoning by combustion products, the studied territories are ranked in the following order: Irkutsk region – Republic of Buryatia – Trans-Baikal Territory.

Keywords: forest fires, environmental risk, pollution, forecasting, Baikal natural area, ranking.

For citation. Timofeeva S. S., Garmyshev V. V., Astrakhantseva A. Yu. Comparative Analysis of Environmental Risks of Wildfires in the Baikal Region. Safety of Technogenic and Natural Systems, 2022, no. 4, pp. 22−29. https://doi.org/10.23947/2541-9129-2022-4-22-29

Введение. К числу самых страшных и опасных стихийных бедствий, широко распространенных в современном мире и в Российской Федерации, относятся лесные и ландшафтные пожары. Ежегодно от неконтролируемого огня погибают люди и животные, уничтожаются леса, нарушается кислородный и тепловой баланс Земли, происходит загрязнение атмосферы, почвы, водных ресурсов, токсическое отравление продуктами горения и дестабилизация привычного образа жизни населения, а также воздушного, речного сообщений, железнодорожного и автомобильного движения [1, 2]. Лесные пожары вносят значительные возмущения в аэродинамику и состояние окружающей среды. Образующиеся конвективные потоки распространяют газообразные продукты горения и аэрозоли на значительные расстояния и наносят существенный вред здоровью людей, окружающей среде, влияют на погодные условия [3, 4].

Постоянно нарастающее число пожаров, их размеры обуславливают актуальность исследования опасных факторов — прямого и косвенного воздействия последствий лесных пожаров на экосистемы и здоровье человека [5, 6]. Прогнозная оценка влияния залповых выбросов (эмиссии) продуктов горения лесных пожаров в настоящее время еще недостаточно проработана. Требуется применять системный подход, позволяющий учитывать опасные факторы пожаров, среди которых вероятность получения рисков для здоровья человека. Несомненный научный интерес представляет и разработка комплексного подхода к оценке ущерба от лесных пожаров, включая сравнение экологических потерь на уровне особо охраняемых территорий.

Целью работы являлось выполнение сравнительного анализа экологических рисков для населения трех субъектов Российской Федерации, входящих в Байкальский регион, и ранжирование территорий по уровню загрязнения атмосферного воздуха в период лесных пожаров.

Материалы и методы. В качестве исходных данных послужила статистическая информация о лесных пожарах в Иркутской области, республике Бурятии, Забайкальском крае в период с 2013 по 2020 годы, процессуальные документы лесных пожаров, включающие схемы и виды пожаров, площади и координаты пожаров, протоколы осмотра места пожара, акты служебного расследования и другие материалы.

Результаты исследования. В работе проанализированы лесные пожары на особо охраняемой Байкальской природной территории Байкальского региона, их экологические последствия. Акцент сделан на установление среднемноголетних характеристик лесных пожаров (число, площади, экономический ущерб, удельные выбросы продуктов горения в атмосферу, риски для здоровья населения) на Байкальской природной территории, имеющий особый статус.

Как известно, Байкальский регион охватывает территорию водосборного бассейна Байкала включает в себя три субъекта Российской Федерации (Иркутскую область, Забайкальский край и Республику Бурятию), а также Монголию. В соответствии с Федеральным законом от 1 мая 1999 г. № 94-ФЗ «Об охране озера Байкал» выделяют Байкальскую природную территорию — территорию, в состав которой входят озеро Байкал, водоохранная зона, прилегающая к озеру Байкал, его водосборная площадь в пределах территории Российской Федерации, особо охраняемые природные территории, прилегающие к озеру Байкал, а также прилегающая к озеру Байкал территория шириной до 200 километров на запад и северо-запад от него. Эта территория разделена на три экологических зоны — центральную, буферную и экологическую зоны атмосферного влияния, для каждой из которой определен режим природопользования (рис. 1).



Рис. 1. Схема расположения Байкальской природной территории[1]

Байкальская природная территория, как и в целом Байкальский регион, характеризуются высокой лесистостью. Так, например, территория Иркутской области имеет самую высокую лесистость (78 %) среди субъектов РФ. На одного жителя в Иркутской области приходится 21,6 га покрытой лесом площади, что почти в 5 раз больше, чем в среднем по РФ и в 84 раза больше, чем в Западной Европе. На территории области сосредоточено 11,1 % общероссийского запаса спелых лесов, а по хвойным породам доля области составляет 13,4 %. Общая площадь земель, занятых лесами в Республике Бурятия, по состоянию на 01.01.2018 г., составляла 29 805,9 тыс. га или 84,8 % от общей площади республики. Практически вся территории Бурятии покрыта лесами, большая часть которых состоит из хвойных пород деревьев (89,4 % от общего запаса лесных насаждений). Забайкальский край занимает восьмое место в России по размерам лесосечного фонда доступных для лесопользования лесов. Общие запасы леса оцениваются в 2,71 млрд. м^3 [7]. По состоянию на 1 января 2018 года, общая площадь лесов Забайкальского края составила 34 065,8 тыс. га. Вероятность лесных пожаров на территориях региона высока.

[1] Байкальская природная территория / Заповедное Прибайкалье // https://baikal-1.ru/ : [сайт]. URL: https://baikal-1.ru/tourism/baikal-natural-territory (дата обращения : 02.08.2022).

В основу исследования положен анализ статистических данных Министерства лесного комплекса Иркутской области, Республиканского агентства лесного хозяйства республики Бурятия, Читинской базы авиационной охраны лесов, МЧС за период с 2013 по 2020 гг. [8–10]. Авторами проведены расчеты по собственным или привлеченным методикам [8–10]. На первом этапе был произведен замер массы веществ, выделившихся от лесных пожаров. Массы веществ определяли по методике авторов статьи, учитывающей: площадь лесных пожаров (га), коэффициент полноты сгорания, коэффициент эмиссии, запас горючего материала (кг/м^2). Оценку возможных неблагоприятных эффектов для здоровья населения — экологические риски — оценивали по коэффициентам (HQ) и индексам (HI) опасности в соответствии с «Руководством по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» [11].

Установлено, что на территории Байкальского региона ежегодно за период с 2013 до 2020 года возникало в среднем: 3158 лесных, 472 степных и 30 торфяных пожаров, в результате которых уничтожалось порядка 1 128,2 тыс. га природной территории. В таблице 1 приведены расчеты авторов по усредненным значениям чисел лесных пожаров и их площадей в Байкальском регионе исходя из сведений источников [8–10].

Таблица 1

Среднегодовое число и площади лесных пожаров с учетом их видов в Байкальском регионе (2013–2020 гг.)

Объект исследования	Низовой пожар				Верховой пожар				Подземный	
	Беглый		Устойчивый		Беглый		Устойчивый		Устойчивый	
	$n_п$, ед.	$S_п$, тыс. га	$n_п$, ед.	$S_п$, тыс. га	$n_п$, ед.	$S_п$, тыс. га	$n_п$, ед.	$S_п$, тыс. га	$n_п$, ед.	$S_п$, тыс. га
Иркутская область	383,3	57,7	896,7	134,8	8	15,6	18	29,3	9,4	7,9
Республика Бурятия	236	79,2	639	184,8	6	6,4	15	11,9	13,0	6,9
Забайкальский край	141	36,2	685	92,5	8	15,1	23	26,9	8,9	7,5

За исследованный период на Байкальской природной территории реализовались преимущественно низовые пожары (98 % от общего количества), в результате которых было уничтожено 80,6 % лесных территорий.

На основании информации о породном составе лесов на исследованных территориях оценили массу сгоревших лесообразующих пород и установили, что уничтожено 972,7 тыс. т в год сосны, 825,1 тыс. т в год лиственницы и 664,0 тыс. т в год кедра (на основании сведений из источников [8–10]) (таблица 2).

Таблица 2

Количество сгоревших лесообразующих пород в Байкальском регионе (среднее за 2013–2020 гг.)

Вид лесообразующих пород	Масса сгоревших лесообразующих пород, т·год$^{-1}$			
	Иркутская область	Республика Бурятия	Забайкальский край	Байкальский регион
Сосна	490 971,7	346 253,2	135 478,6	972 703,5
Ель	78 319,6	86 325,4	35 647,6	200 292,6
Пихта	28 052,8	35 624,4	26 895,4	90 572,6
Лиственница	421 899,4	254 187,5	148 967,7	825 053,9
Кедр	165 965,4	325 684,5	142 369,4	634 019,3
Береза	229 178,0	189 635,0	125 461,0	544 274,0
Осина	66 316,0	52 784,0	36 889,0	155 989,0

Таблица 3

Усредненный ежегодный экономический ущерб от утраты древесины, уничтоженной в Байкальском регионе при лесных пожарах (расчеты авторов по данным [8–10])

Лесообразующие породы	Иркутская область		Республика Бурятия		Забайкальский край		Байкальский регион
	Цена, руб. за плотный м³	Ущерб, млн. руб	Цена, руб за плотный м³	Ущерб, млн. руб	Цена, руб за плотный м³	Ущерб, млн. руб	Ущерб, млн. руб
Сосна	19,8	15,2	18,7	10,12	17,4	3,68	29
Ель	17,3	2,42	16,3	2,51	15,2	0,97	5,9
Пихта	17,3	0,97	16,3	1,16	15,2	0,82	2,95
Лиственница	19,8	10,2	18,7	5,79	17,4	3,16	19,15
Кедр	19,8	5,86	18,7	10,87	17,4	4,42	21,15
Береза	6,6	1,68	6,2	1,31	5,7	0,79	3,78
Осина	1,2	0,13	1,1	0,09	1,1	0,065	0,28

Установлено, что ежегодный экономический ущерб от уничтожения лесообразующих пород, рассчитанный как произведение уничтоженной при пожаре на стоимость 1 плотный м³ древесины составляет: в Иркутской области — 36,46 млн руб., в Республике Бурятия — 31,85 млн руб., в Забайкальском крае — 13,91 млн руб. Общий экономический ущерб в Байкальском регионе составляет порядка 82,22 млн руб. (таблица 3).

Масса i-го вида токсиканта, поступившего в атмосферу при природных пожарах, определяли по формуле:

$$G_i = K_{ai}^{\text{ЛГМ}} \cdot m^{\text{ЛГМ}} \cdot K_{ai}^{\text{Д}} \cdot m^{\text{Д}} \cdot K_{ai}^{\text{Т}} \cdot m^{\text{Т}}, \quad (1)$$

где G_i — масса i-го вида токсичного вещества, поступившего в атмосферу; $K_{ai}^{\text{ЛГМ}}$—– коэффициент эмиссии i-го токсиканта при сгорании ЛГМ, т/т; $m^{\text{ЛГМ}}$ — масса сгоревших ЛГМ, т; $K_{ai}^{\text{Д}}$ — коэффициент эмиссии i-го токсиканта при сгорании древесины, т/т; $m^{\text{Д}}$ — масса сгоревшей древесины (древостой, крона), т; $K_{ai}^{\text{Т}}$ — коэффициент эмиссии i-го токсиканта при сгорании торфа, торфопочв, т/т; $m^{\text{Т}}$ — масса сгоревшего торфа, торфопочв, т.

Расчетами установлено, что усредненная масса экотоксикантов, поступающих в атмосферу при пожарах в Байкальском регионе, достигает 1 465 тыс. тонн, из них чрезвычайно-опасных веществ — 0,2 тыс. тонн, высокоопасных — 4,34 тыс. тонн, умеренно опасных — 425,1 тыс. тонн, малоопасных — 517,28 тыс. тонн, других загрязнителей — 517,57 тыс. тонн (таблица 4).

Таблица 4

Ежегодная эмиссия продуктов горения по классам опасности в результате природных пожаров загораний за 2013–2018 гг. на территории Байкальского региона

Объект исследования	Загрязнение атмосферы по классам опасности токсикантов, тыс. т·год⁻¹				Другие загрязнители, тыс. т·год⁻¹
	I класс, чрезвычайно опасные	II класс, высоко-опасные	III класс, умеренно опасные	IV класс, мало-опасные	
Иркутская область	0,08	1,97	197,95	240,70	240,04
Республика Бурятия	0,06	1,38	143,10	171,78	165,20
Забайкальский край	0,06	0,99	84,07	104,80	112,33

Масса неконтролируемых выбросов токсичных веществ от лесных пожаров зависит от сезона года (таблица 5). Максимальное поступление токсикантов наблюдается в весенний (43,6 %) и летний (48,4 %) периоды, осенью эмиссия токсикантов незначительная (8 %).

Таблица 5

Среднемноголетние ежегодные массы выбросов токсичных продуктов горения в атмосферу Байкальского региона с учетом времени года

Объект исследования	Масса выбросов, тыс. т год$^{-1}$			Общее значение, тыс. т/год
	Весна	Лето	Осень	
Иркутская область	297,3	329,9	54,5	681,7
Республика Бурятия	209,9	233,1	38,5	481,5
Забайкальский край	131,9	146,3	24,1	302,3

Анализ обращения населения в больницы на территории региона в исследуемый период показал достоверные признаки ухудшения здоровья людей, находящихся в задымленной зоне. Этот факт подтверждает количественный рост следующих показателей:

– заболевания органов дыхания — 7,0 %;
– обострение хронических бронхитов — 4,8 %;
– обострение бронхиальной астмы — 5,9 %;
– обострение сердечно-сосудистых заболеваний — 4,4 %;
– госпитализации — 5,7 %;
– обострение хронических заболеваний — 6,3 %.

Расчетами установлено, что средняя площадь задымления территории Байкальского региона составляла 6,7 % (таблица 6), а удельная нагрузка атмосферы токсичными продуктами сгорания в Байкальском регионе составляет 2,95 т/км^2·год$^{-1}$ (таблица 7). Среднегодовая масса выбросов в результате природных пожаров составляет 37,84 % от среднегодовой массы выбросов от стационарных источников загрязнения.

Таблица 6

Среднемноголетняя годовая площадь задымления территории Байкальского региона в результате природных пожаров за 2013–2020 гг.

Объект исследования	Площадь задымления, тыс. км^2	В процентах от площади региона
Иркутская область	57,6	7,5
Республика Бурятия	27,5	7,8
Забайкальский край	20,7	4,8

Таблица 7

Среднемноголетняя удельная нагрузка на атмосферу токсичными продуктами горения в Байкальском регионе (2013–2018 гг.)

Объект исследования	Площадь территории, км^2.	Количество загрязняющих веществ от стационарных источников загрязнения, тыс.т.·год$^{-1}$	Удельная нагрузка на атмосферу от стационарных источников загрязнения, т/км^2·год$^{-1}$	Масса валовых выбросов токсичных продуктов горения, т·год$^{-1}$	Удельная нагрузка атмосферы токсичными продуктами горения, т/км^2·год$^{-1}$
Иркутская область	767 900	3 640,5	4,74	681 740	0,88
Республика Бурятия	351 334	107,2	0,31	481 530	1,37
Забайкальский край	431 892	125,3	0,29	302 250	0,70
Байкальский регион	1 551 126	3873	5,34	1 465 520	2,95

В работе оценили нарушения условий жизнедеятельности и риск для здоровья ($R_{N\ \text{забол.}}$), по формуле:

$$R_{N\ \text{забол.}} = S_{\text{заг.}} \cdot 0{,}9 \cdot П_{\text{нас.}} \quad (2)$$

где $S_{\text{заг.}}$ — площадь загрязнения территории, км^2; 0,9 — коэффициент, учитывающий близость очага пожара к населенному пункту; $П_{\text{нас.}}$ — плотность населения в регионе, чел./км^2.

Число потенциально пострадавших, которое могло заболеть от отравления в результате природных пожаров, исходя из проведенных расчётов авторов, представлено в таблице 8.

Таблица 8

Оценка нарушения условий жизнедеятельности и риска для здоровья людей на территории Байкальского региона (среднее за 2013–2018 гг.)

Объект исследования	Плотность населения, чел./км^2	Площадь загрязнения, км^2	Число потенциально пострадавших, которое могло заболеть от отравления токсичными продуктами горения в результате природных пожаров, чел.
Иркутская область	3,1	53 352	148 852,1
Республика Бурятия	2,8	26 448	66 648,9
Забайкальский край	2,5	19 559	44 007,7
Байкальский регион	2,8	99 359	259 508,7

Обсуждение и заключения. Предлагаемая авторами методология ранжирования территорий по экологическим рискам может быть использована для прогнозной оценки последствий пожаров для здоровья населения. Результаты прогноза служат для принятия организационных и административных мер, включая решения о привлечении дополнительных сил и техники, об эвакуации населения. По результатам прогноза последствий пожаров для здоровья населения проводится разработка плана тушения пожара, в котором определяют способы и тактические приемы ликвидации пожара, распределение сил и средств, решающее направление боевых действий и т.д. По наибольшему вкладу по ухудшению условий жизнедеятельности и риску получить отравление продуктами горения исследуемые территории ранжируются в следующем порядке: Иркутская область – республика Бурятия –Забайкальский край.

Таким образом, авторами выполнен сравнительный анализ уровней загрязнения атмосферного воздуха от лесных пожаров на территории Байкальского региона и установлено:

– залповые выбросы в атмосферу токсичных продуктов горения вносят дополнительный вклад в загрязнение атмосферы Байкальского региона. Ежегодное поступление в атмосферу экотоксикантов составляет около 20 % от массы загрязнителей из стационарных источников загрязнения в регионе;

– наибольший вклад в загрязнение особо охраняемой Байкальской природной территории вносит республика Бурятия (удельная нагрузка на атмосферу токсичными продуктами горения 1,37 т/км^2·год$^{-1}$) и Иркутская область (удельная токсическая нагрузка 1 0,88 т/км^2·год$^{-1}$), на долю Забайкальского края приходится 0,70 т/км^2·год$^{-1}$;

– по ухудшению условий жизнедеятельности и риску получить отравление продуктами горения исследуемые территории ранжируются в следующем порядке: Иркутская область – республика Бурятия – Забайкальский край;

– оценка потенциального риска для здоровья населения по коэффициенту опасности от воздействия продуктов горения показала, что их значения колеблются в диапазоне от 0,9 до 47, максимальные значения фиксировались на территории Иркутской области;

– на основании приведенных исследований и оценки вклада лесных пожаров в ухудшение экологической обстановки проведено сравнение субъектов РФ Байкальского региона по валовым выбросам токсичных продуктов горения. Установлено, что наиболее экологически рисковой территорией является Иркутская область.

Список литературы

1. Прогноз интенсивности теплового излучения и эмиссий аэрозолей от лесных пожаров в Центрально-Европейском регионе / А. Ю. Юрова, А. В. Парамонов, И. Б. Коновалов [и др.] // Оптика атмосферы и океана. — 2013. — Т. 26, № 3. — С. 203–207.

2. Химический состав и дисперсные характеристики дымовой аэрозольной эмиссии от пожаров в бореальных лесах Сибири / Ю. Н. Самсонов, С. А. Попова, О. А. Беленко, О. В. Чанкина // Оптика атмосферы и океана. — 2008. — Т. 21, № 6. — С. 523–531.

3. Тимофеева, С. С. Дымовая обстановка при горении лесных горючих материалов в городской и пригородных зонах городов / С. С. Тимофеева, В. В. Гармышев, В. С. Зырянов // Вестник ИрГТУ. — 2012. — № 3 (62). — С. 50–55.

4. Тимофеева, С. С. Экологические последствия лесных пожаров на территории Иркутской области / С. С. Тимофеева, В. В. Гармышев // Экология и промышленность России. — 2017. — Т. 21, № 3. — С. 46–49. https://doi.org/10.18412/1816-0395-2017-3-46-49

5. Рукавишников, В. С. Изучение риска здоровью при кратковременной ингаляционной экспозиции в условиях лесных пожаров / В. С. Рукавишников, Н. В. Ефимова, Т. А. Елфимова // Гигиена и санитария. — 2013. — Т. 92, № 1. — С. 50–52.

6. Елфимова, Т. А. Апробация методики оперативной оценки последствий лесных пожаров для здоровья экспонированного населения / Т. А. Елфимова, Н. В. Ефимова // Современные проблемы науки и образования. — 2016. — № 6. — С. 103. — URL: https://science-education.ru/ru/article/view?id=25634 (дата обращения : 14.08.2022).

7. Егорова, А. В. Особенности байкальской природной территории / А. В. Егорова // Вектор геонаук. — 2020. — Т. 3, № 2. — С. 58–63. https://doi.org/10.24411/2619-0761-2020-10019

8. Анализ оперативно-служебной деятельности государственного пожарного надзора Иркутской области за 2014–2020 годы. — Иркутск : ГУ МЧС России по Иркутской области, 2015–2020 год. — 20 с.

9. Анализ обстановки с пожарами и последствиями от них на территории Республики Бурятия за 2014-2020 год. — Улан-Удэ: ГУ МЧС России по Республике Бурятия, 2015–2020. —20 с.

10. Анализ обстановки с пожарами и последствиями от них на территории Забайкальского края за 2014–2020 год. — Чита : ГУ МЧС России по Забайкальскому краю, 2015–2020. — 21 с

11. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду: Р 2.1.10.1920-04. — Москва, 2004. — 143 с.

Поступила в редакцию 15.08.2022
Поступила после рецензирования 13.09.2022
Принята к публикации 13.09.2022

Об авторах:

Тимофеева Светлана Семеновна, заведующая кафедрой «Промышленная экология и безопасность жизнедеятельности» Иркутского национального исследовательского технического университета (664074, РФ, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83), доктор технических наук, профессор,ScopusID, ORCID, sstimofeeva@mail.ru

Гармышев Владимир Викторович, доцент кафедры «Промышленная экология и безопасность жизнедеятельности» Иркутского национального исследовательского технического университета (664074, РФ, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83), кандидат технических наук, ScopusID, ORCID, diamant1959@mail.ru

Астраханцева Александра Юрьевна, аспирант кафедры «Промышленная экология и безопасность жизнедеятельности» Иркутского национального исследовательского технического университета (664074, РФ, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83), ORCID, aleksandraastra@yandex.ru

Заявленный вклад соавторов:

С. С. Тимофеева — формирование основной концепции, целей и задач исследования, проведение расчетов, подготовка текста, формирование выводов. В. В. Гармышев — анализ результатов исследований, доработка текста, корректировка выводов. А. Ю. Астраханцева — сбор и анализ информации, выполнение расчетов.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.